

附录 参考答案

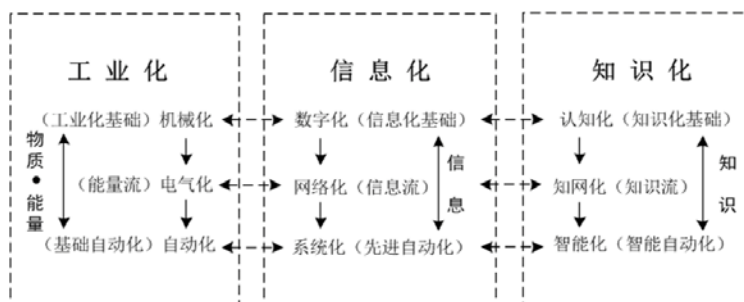
第 1 章习题解答

一、填空题

- (1) 物质；能量；信息；
- (2) 机械化；电气化；自动化；
- (3) 运动控制；过程控制；程序控制；
- (4) 开环控制；闭环控制；
- (5) 对象；检测单元；执行单元；控制单元；
- (6) 模拟控制器；数字控制器；
- (7) 稳定性；快速性；准确性；鲁棒性；“少省”；
- (8) 实现物理作用；提供能量和动力；
- (9) 机理建模解析法；实验建模法；
- (10) 系统论；信息论；控制论；
- (11) Altium Designer； AutoCAD； Solidwork；
- (12) 单变量系统；多变量系统；
- (13) 单回路系统；多回路系统；
- (14) 电机传动；机械传动；流体传动；
- (15) 阀芯和阀座的数量；

二、问答题

- (1) 答：工业化、信息化以及知识化的关系图如下。



(2) 答：过程控制系统是以生产过程的参量为被控制量，使之接近给定值或保持在给定范围内的自动控制系统；运动控制系统指以电动机为控制对象，以控制器为核心，以电力电子功率变换装置为执行机构和驱动机构，在反馈控制器的控制下组成的电气传动自动控制系统；程序控制系统的给定量是按照一定的时间函数变化的，系统的输出量的变化应与给定量的变化规律相同。

(3) 答：按行程特点，调节阀分为直线行程和角度行程。按其所配执行机构使用的动力，调节阀分为气动调节阀、电动调节阀、液动调节阀三种。按流量特性，调节阀分为快开型、直线型、抛物线型和百分比型等四种。

- (4) 答：温度传感器；振动开关传感器；声音传感器；

(5) 答：Altium Designer 软件可以进行电子电路原理图设计、电路仿真、PCB 设计、拓扑逻辑自动布线、信号完整性分析等；AutoCAD 能以多种方式创建直线、圆、椭圆、多边形、样条曲线等基本图形，可以进行二维绘图和基本三维设计，可以用于土木建筑，装饰装潢，工业制图，工程制图，电气系统，服装加工等多方面领域；SolidWorks 是三维实体建模与设计的机械 CAD 软件，它既能提供自底向上的装配方式，同时还能提供自顶向下的装配方式，装配设计中的“产品配置”功能，为用户设计不同“构型”的产品提供了解决方案，同时为产品数据管理系统的实施打下坚实的基础。

三、采用思维导图归纳总结本章的内容

从略。

四、资料查阅题

从略。

五、学习规划：你如何应对本课程的学习？

从略。

第2章习题解答

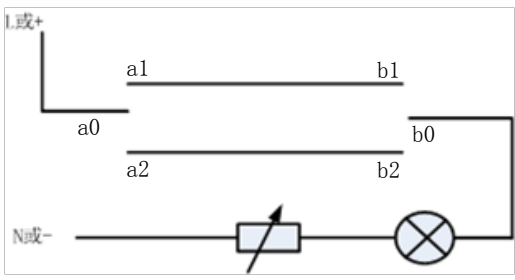
一、填空题

- (1) 电源；负载；开关；
- (2) 实现电能的传输和转换；实现信号的传递和处理；
- (3) 电感；电容；
- (4) 节点；
- (5) 支路电流法；节点电压法；
- (6) b ； $n-1$ ；
- (7) 过渡；

二、选择题

- (1) D；(2) B；(3) D；(4) C；

三、设计题

	<p>双控功能：灯开始是灭的，假设 a 点的开关接在 a1 上，b 地的开关接在 b2 上，使灯亮有两种情况：</p> <ol style="list-style-type: none">(1) 当人在 b 地将开关切换到 b1，此时线路闭合，灯亮。(2) 当人在 a 地将开关切换到 a2，此时线路闭合，灯亮。 <p>在灯亮的情况下，无论在 a 点还是在 b 点切换开关均可以达到使灯灭目的。</p> <p>调光功能：滑动变阻器可以减小或增加线路的电阻，改变线路中的电流，从而调节光强。</p>
--	---

四、问答题

(1) 答：当接通 220V 交流电源时，电源电压通过镇流器施加于启辉器两电极上，使极间气体产生辉光放电。辉光放电的热量使双金属片受热膨胀，辉光产生的热量使 U 型动触片膨胀伸长，跟静触片接通，于是镇流器线圈和灯管中的灯丝就有电流通过。接通之后，由于两电极接触不再产生热量，双金属片冷却复原使电路突然断开，此时镇流器产生较高的自感电动势经回路施加于灯管两端，而使灯管迅速起燃，电流经镇流器、灯管而流通。灯管起燃后，两端压降较低，启辉器不工作，日光灯正常工作。电容的作用是为了提高功率因数。

(2) 答：电源有三种工作方式：有载工作、空载(开路)工作、短路状态。有载工作时，电路中的电流、负载电压均可按各器件的伏安关系进行计算，而功率是平衡的；开路工作时，电源两端电压与电动势相等，电路的电流为 0，功率也是 0；短路状态时，电动势全加在内阻上，线路的电流很大，负载电压为 0，不消耗功率。

(3) 答：对于一个有 n 个节点、 b 条支路的电路，可列出 $n-1$ 个独立的 KCL 方程， $b-(n-1)$ 个独立的 KVL 方程。因而一共可列出 b 个独立的方程，所以可求解条支路的电流。归纳出支路电流法的解题步骤：

- a. 标出待求支路电流的参考方向和回路的绕行方向。
- b. 判定电路的支路数 b 和节点数 n 。
- c. 根据 KCL 列出 $n-1$ 个独立的节点电流方程式。
- d. 根据 KVL 列出 $b-(n-1)$ 个独立回路的电压方程式。

e. 联立方程组，求解各支路电流。

(4) 答：对于一个有 n 节点、 b 条支路的电路，任意选取一个参考点之后，利用节点电压可列出 $n-1$ 个独立的 KCL 方程，联立这些 KCL 方程，可解出除参考点之外的节点电压。归纳出节点电压法解题的步骤：

a. 标出各支路电流的参考方向。

b. 合理的选取一个节点为参考零点，标出其他节点的电压。

c. 写出节点的 KCL 方程。

d. 利用节点电压，计算出各支路电流，并代入 KCL 方程。

e. 联立 KCL 方程组，求解各节点电压。

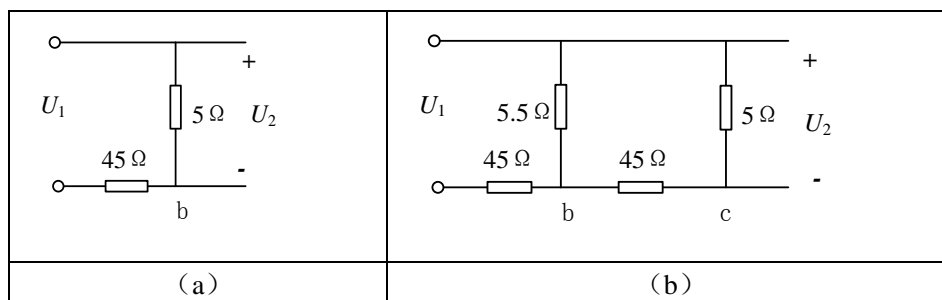
(5) 答：设电路在时刻 0 换路，换路前时刻和换路后时刻，电容的电压值与电感的电流值应连续变换，即 $u_c(0_+) = u_c(0_-)$, $i_L(0_+) = i_L(0_-)$;

五、计算题

1、解：(1) 当处于 b 挡位时，等效电路如下图(a)所示，因此 $U_{2b} = \frac{5}{45+5} \cdot U_1 = 1V$

(2) 当处于 c 挡位时，等效电路如下图(b)所示，因此 $U_{2c} = \frac{5}{45+5} \cdot U_{2b} = 0.1V$

(3) 同理，当处于 d 挡位时， $U_{2d} = \frac{5}{45+5} \cdot U_{2c} = 0.1V$



2、解：由题知，有 6 条支路，4 个节点。各支路电流的参考方向如题图所示，并选取 b 点为参考零点，设 a 点、c 点、d 点的电压分别为 U_a 、 U_b 、 U_c 。

写出 3 个 KCL 方程

$$I_6 - I_3 - I_2 = 0$$

$$I_4 - I_6 - I_1 = 0$$

$$I_2 + I_1 - I_5 = 0$$

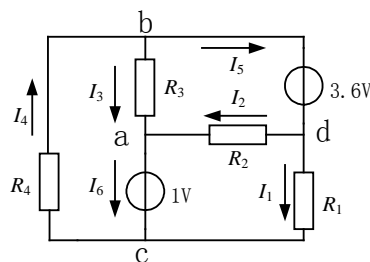
利用节点电压计算各支路电流，得

$$I_1 = \frac{U_d - U_c}{R_1} = 6(U_d - U_c)$$

$$I_2 = \frac{U_d - U_a}{R_2} = 6(U_d - U_a)$$

$$I_3 = \frac{-U_a}{R_3} = -2U_a$$

$$I_4 = \frac{-U_c}{R_4} = 3U_c$$



同时考虑到 $U_c - U_a = 1V$ ， $U_d = 3.6V$ ， $U_b = 0V$ ，联立方程组，得 $U_c = 2.8V$ 、 $U_a = 1.8V$ 、 $U_d = 3.6V$ ， $U_b = 0V$

$I_6=3.6\text{A}$ 、 $I_5=12\text{A}$ 、 $I_1=4.8\text{A}$ 、 $I_2=7.2\text{A}$ 、 $I_3=-3.6\text{A}$ 、 $I_4=8.4\text{A}$

六、采用学科思维导图归纳总结本章的内容

从略

第3章习题解答

一、填空题

- (1) 电流；分压器；分流器；负载；传感器；
- (2) 10Ω ；
- (3) 金；银；
- (4) 电桥；
- (5) 线性 X/B；对数 D/C；指数 Z/A；
- (6) $R=\frac{\rho L}{S}=\frac{0.0185\times 25}{4}$ ；
- (7) 正；
- (8) 电场；
- (9) 电容器两端电压不能跃变；
- (10) 隔直通交；
- (11) 低；
- (12) 电容；
- (13) 磁场； 磁场； 磁场； 感应电动势；
- (14) 高频信号；
- (15) 电磁感应；交流；初级线圈；
- (16) 30V ； 0V ；
- (17) 1.22V ；
- (18) 阴极；阳极；
- (19) 干扰源；传播通道；被干扰对象；
- (20) 空心；磁心；
- (21) 电桥；
- (22) 闭合的；
- (23) 空穴； 电子；
- (24) 雪崩击穿； 齐纳击穿； 齐纳击穿；
- (25) NPN； PNP；
- (26) 截止； 放大； 饱和；
- (27) 结型； MOS； S（源极）； G（栅极）； D（漏极）；
- (28) 固压； 正； 负；
- (29) 可调； 正； 负；
- (30) VGA；
- (31) RXD； TXD； GND；
- (32) T568A：1 绿白，2 绿，3 橙白，4 蓝，5 蓝白，6 橙，7 棕白，8 棕；
T568B：1 橙白，2 橙，3 绿白，4 蓝，5 蓝白，6 绿，7 棕白，8 棕；
- (33) 铜；铝；银；
- (34) 额定电压；芯数；标称截面积；
- (35) 额定耐压是 450V ，屏蔽层耐压是 750V ；
- (36) 载流子的浓度；迁移率；

二、单项选择题

(1) C; (2) B; (3) C; (4) D; (5) C;

三、多项选择题

(1) AB; (2) AD; (3) BD; (4) ACE;

四、回答题

(1) 答：电阻的允许偏差是指其标称值与实测值的最大偏差和标称值之比的百分数。电阻的允许偏差用精度等级表示，如：005(D)的允许偏差为 $\pm 0.5\%$ 、01(F)为 $\pm 1\%$ 、02(G)为 $\pm 2\%$ 、I(05)为 $\pm 5\%$ 、II(10)为 $\pm 10\%$ 、III(20)为 $\pm 20\%$ 。此外精密电阻器的允许偏差可分为： $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 0.5\%$ 、 $\pm 0.2\%$ 、 $\pm 0.1\%$ 、 $\pm 0.05\%$ 、 $\pm 0.02\%$ 以及 $\pm 0.01\%$ 、 $\pm 0.001\%$ 等。

(2) 答：常用电阻的常用的标称阻值有 E6、E12、E24 系列，所谓 E6、E12、E24 系列，就是在数字 1~10 内，该系列有 6、12、24 个取值。常用 E6、E12、E24 系列如下表所示。

常用 E6、E12、E24 系列标称值

E6	1.0				1.5				2.2				3.3				4.7				6.8			
E12	1.0		1.2		1.5		1.8		2.2		2.7		3.3		3.9		4.7		5.6		6.8		8.2	
E24	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1

(3) 答：电阻选用须考虑 5 个指标：功率、表面温度、工作电压、强电电路使用环境、电阻的高频特性。

①功率：a.当电阻工作的环境温度小于额定温度时，其实际功耗必须小于额定功率的 50%；b.当电阻工作的环境温度大于额定温度时，其实际功耗必须小于电阻功率降额曲线上对应功率限制的 50%；额定温度通常为 70 度。

②电阻表面温度：a.对于用于室内控制器的电阻，在电压 $220V \pm 15\%$ 、工况 $32^{\circ}C$ 、湿度 80%测试，电阻的表面温度应小于 $80^{\circ}C$ 。b.对于用于室外控制器的电阻，在电压 $220V \pm 15\%$ 、工况 $43^{\circ}C$ 、湿度 80%测试，电阻的表面温度应小于 $90^{\circ}C$ 。

③工作电压：a.电阻的最大工作电压应小于其额定电压。

$$\text{额定电压}(V) = \min\left(\sqrt{\text{额定功率}(W) \times \text{标称电阻}(\Omega)}, \text{极限电压}(V)\right)$$

b.各类电阻的极限电压如教材表 3-5 所示。

④强电电路使用要求：a.在强电电路使用条件下，且电阻实际应用时的最大温升小于 15K 者，必须选用玻璃釉电阻或金属釉电阻，禁止使用金属膜电阻和氧化膜电阻。b.强电电路中，当电阻的温升大于 15K 时应选用氧化膜电阻；在跨越零火线使用时，需采用两个氧化膜电阻串联。

⑤电阻的高频特性：低频时，阻抗约等于电阻值；频率增加，容抗减小，感抗增大，当容抗较小时，感抗起主要作用，总阻抗增加；频率继续增加，达到谐振频率时，阻抗最小，等于电阻；超过谐振频率时，阻抗又会增加。一般情况下，非线绕电阻器的高频分布参数较小，线绕电阻器的高频分布参数较大。

(4) 答：电容器常见的精度等级有 01($\pm 1\%$)、02($\pm 2\%$)、I ($\pm 5\%$)、II ($\pm 10\%$)、III($\pm 20\%$)、IV($-30\% \sim +20\%$)、V($+50\% \sim -20\%$)、VI($-10\% \sim +100\%$)，一般电容器常用 I、II、III级，电解电容器用IV、V、VI级。

(5) 答：电容器的主要参数有：

①标称电容量：标志在电容器上的电容量。电容器的标称值也按电阻类似的方式系列化。

②允许偏差：实际电容量与标称偏差。通常用精度等级进行标注。

③额定电压：在最低环境温度和额定环境温度下可连续加在电容器的最高直流电压有效值，一般直接标注在电容器外壳上，如果工作电压超过电容器的耐压，电容器击穿，造成不可修复的永久损坏。

④绝缘电阻：直流电压加在电容上，并产生漏电电流，两者之比称为绝缘电阻，其值越大越好。当电容较小时，主要取决于电容的表面状态；容量 $>0.1\mu f$ 时，主要取决于介质的性能。

⑤电容的时间常数：为恰当的评价大容量电容的绝缘情况而引入了时间常数，它等于电容的绝缘电阻与容量的乘积 $R_{ins}C$ 。

⑥频率特性：随着频率的上升，一般电容器的电容量呈现下降的规律。

⑦损耗：电容在电场作用下，在单位时间内因发热所消耗的能量叫做损耗。各类电容都规定了其在某频率范围内的损耗允许值。电容的损耗主要由介质损耗、电导损耗和电容所有金属部分的电阻引起。在直流电场的作用下，电容器的损耗以漏导损耗的形式存在，一般较小。在交变电场的作用下，电容的损耗不仅与漏导有关，而且与周期性的极化建立过程有关。

(6) 答：电感器的分类如下：

①按工作特性分：固定、可变；

②按有无磁心分：空心、磁心；

③按安装形式分：立式、卧式、小型固定式；

④按工作频率分：高频、低频；

⑤按应用场合分：天线线圈、振荡线圈、扼流线圈、滤波线圈、陷波线圈、偏转线圈。

⑥按外形分：环形、卧式、色环、贴片。

(7) 答：电感器的主要参数如下：

①电感量(自感系数)：电感量也称自感系数，是表示电感器产生自感应能力的一个物理量。电感器电感量的大小，主要取决于线圈的圈数(匝数)、绕制方式、有无磁心及磁心的材料等等。通常，线圈圈数越多、绕制的线圈越密集，电感量就越大。有磁心的线圈比无磁心的线圈电感量大；磁心导磁率越大的线圈，电感量也越大。电感器的标称值也按电阻类似的方式系列化。

②允许偏差：允许偏差是指电感器上标称的电感量与实际电感的允许误差值。一般用于振荡或滤波等电路中的电感器要求精度较高，允许偏差为 $\pm 0.2\% \sim \pm 0.5\%$ ；而用于耦合、高频阻流等线圈的精度要求不高；允许偏差为 $\pm 10\% \sim 15\%$ 。

③品质因数(Q 值)：品质因数是衡量电感器质量的主要参数，反映电感线圈的损耗大小，它是指电感器在某一频率的交流电压下工作时，所呈现的感抗与其等效损耗电阻之比 $Q = 2\pi fL/r$ 。电感器的 Q 值越高，其损耗越小，效率越高。电感器品质因数的高低与线圈导线的直流电阻、线圈骨架的介质损耗及铁心、屏蔽罩等引起的损耗等有关。

④分布电容：分布电容是指线圈的匝与匝之间，线圈与磁心之间，线圈与地之间，线圈与金属之间都存在的电容。电感器的分布电容越小，其稳定性越好。分布电容能使等效耗能电阻变大，品质因数变差。减少分布电容常用丝包线或多股漆包线，有时也用蜂窝式绕线法等。

⑤固有频率：电感由于其自身的结构存在分布电容，所以可能产生谐振，频率 $f_0 = 1/2\pi\sqrt{LC}$ (Hz)；

⑥额定电流：额定电流是指电感器在允许的工作环境下能承受的最大电流值。若工作电流超过额定电流，则电感器就会因发热而使性能参数发生改变，甚至还会因过流而烧毁。

(8) 答：变压器的主要参数有：

工作频率：变压器铁芯损耗与频率关系很大，故应根据使用频率来设计和使用时，这种频率称工作频率。

额定电压：指在变压器的线圈上所允许施加的电压，工作时不得大于规定值，一次侧和二次侧均有额定电压，分别记为 U_{1N} 、 U_{2N} 。三相变压器中额定电压指线电压。

额定电流：指在变压器额定运行时线圈上所允许承受的电流，工作时不得大于规定值，一次侧和二次侧均有额定电流，分别记为 I_{1N} 、 I_{2N} 。三相变压器中额定电流指线电流。

额定容量：它是变压器的视在功率，通常把变压器的原边与副边的额定容量设计相同，记为 S_N 。

对于单相变压器有 $I_{1N} = S_N / U_{1N}$, $I_{2N} = S_N / U_{2N}$

对于三相变压器有 $I_{1N} = S_N / \sqrt{3} U_{1N}$, $I_{2N} = S_N / \sqrt{3} U_{2N}$

额定功率：在规定的频率和电压下，变压器能长期工作，而不超过规定温升的输出功率。

电压比：指变压器初级电压和次级电压的比值，有空载电压比和负载电压比的区别。

变比：变压器初级绕组匝数与次级绕组匝数之比。

效率：指次级功率 P_2 与初级功率 P_1 比值的百分比。20W以下的变压器通常在 0.7~0.8 之间。通常变压器的额定功率愈大，效率就愈高。

空载电流：变压器次级开路时，初级仍有一定的电流，这部分电流称为空载电流。一般不超过额定电流的 10%。空载电流由磁化电流（产生磁通）和铁损电流（由铁芯损耗引起）组成。对于 50Hz 电源变压器而言，空载电流基本上等于磁化电流。

漏电感：线圈所产生的磁力线不能都通过次级线圈的那些泄漏磁通产生的电感。

空载损耗：指变压器次级开路时，在初级测得的功率损耗。主要损耗是铁芯损耗，其次是空载电流在初级线圈铜阻上产生的损耗（铜损，这部分损耗很小）。

（9）答：二极管的主要参数有：

最大整流电流 I_F ：指管子长期运行时，允许通过的最大正向平均电流。因为电流通过 PN 结要引起管子发热，电流太大，发热量超过限度，就会使 PN 结烧坏。

反向击穿电压 V_{BR} ：指能将管子反向击穿时的电压值。击穿时，反向电流剧增，二极管的单向导电性被破坏，甚至因过热而烧坏。一般手册上给出的最高反向工作电压约为击穿电压的一半，以确保关系安全运行。

反向电流 I_R ：指管子未击穿时的反向电流，其值越小，则管子的单向导电性越好。由于温度增加，反向电流会明显增加，所以在使用二极管时要注意温度的影响。

极间电容 C_d ：极间电容是反映二极管 PN 结电容效应的参数。在高频或开关状态运用时，必须考虑极间电容的影响。

最大(小)工作电流(对稳压管)：使用时，应特别注意不要超过最大整流电流和最高反向工作电压，否则将容易损坏管子。

最高工作频率 f_M ：由于 PN 结的结电容存在，当工作频率超过某一值时，它的单向导电性将变差。点接触式二极管的 f_M 值较高，在 100MHz 以上；整流二极管的 f_M 较低，一般不高于几 kHz。

反向恢复时间 t_{rr} ：指二极管由导通突然反向时，反向电流由很大衰减到接近 I_s 时所需要的时间。大功率开关管工作在高频开关状态时，此项指标至为重要。

（10）答：功率 MOSFET 的主要参数有：

漏极额定电流 I_D ：指漏极允许连续通过的最大电流，在选择器件时要考虑充分的余量，以防止器件在温度升高时漏极额定电流降低而损坏器件。

通态电阻 $R_{DS(ON)}$ ：它是功率 MOSFET 导通时漏源电压与漏极电流的比值。通态电阻越大耗散功率越大，越容易损坏器件。通态电阻与栅源电压有关，随着栅源电压的升高通态电阻值将减少。这样似乎栅源电压越高越好，但过高的栅源电压会延缓 MOSFET 的开通和关断时间，故一般选择栅源电压为 12V。

阈值电压 $U_{GS(th)}$ ：指漏极流过一个特定量的电流所需的最小栅源控制电压。

漏源击穿电压 $U_{(BR)DSS}$ ：漏源击穿电压 $U_{(BR)DSS}$ 是在 $U_{GS} = 0$ 时漏极和源极所能承受的最大电压。功率 MOSFET 在工作时绝对不能超过这个电压。

最大耗散功率 P_D ：器件所能承受的最大发热功率。一般手册中给出的是 $T_C = 25^\circ\text{C}$ 时的最大耗散功率。

开关时间 $t_{d(\text{ON})}$ ：表示 MOSFET 开关速度的参数，对功率开关器件来说是非常重要的。

(11) 答：某些电介质在沿一定方向上受到外力的作用而变形时，其内部会产生极化现象，同时在它的两个相对表面上出现正负相反的电荷。当外力去掉后，它又会恢复到不带电的状态，这种现象称为正压电效应。当作用力的方向改变时，电荷的极性也随之改变。相反，当在电介质的极化方向上施加电场，这些电介质也会发生变形，电场去掉后，电介质的变形随之消失，这种现象称为逆压电效应。

五、采用学科思维导图归纳总结本章的内容

从略。

第 4 章习题解答

一、填空题

- (1) 外沿拆装；内沿拆装；
- (2) 6；
- (3) 尖嘴钳；
- (4) 钳口；齿口；刀口；侧口；
- (5) 攻丝；
- (6) 烙铁头；
- (7) 少于 20； 30；
- (8) 焊锡；
- (9) 红；黑；
- (10) 摇表；触电；
- (11) 模拟；数字；
- (12) 外壳和探头；
- (13) 探头补偿
- (14) 试电笔
- (15) 电阻；电感；电容；

二、实际感知与操作

从略

三、回答题

(1) 答：常用的钳口工具有：

①剥线钳：主要用于剥削直径在 6mm 以下的塑料和橡胶绝缘导线的绝缘层

②老虎钳：一种夹钳和剪切工具，也叫钢丝钳。可用来弯绞或钳夹导线线头，紧固或起松螺母，剪切导线或钳削导线绝缘层，侧切导线线芯、钢丝等较硬线材。

③断线钳：又称为斜口钳、偏嘴钳。专门用于剪切尖端较粗的电线或其他金属丝。

④尖嘴钳：主要用于切断较小的导线、金属丝，夹持小螺钉、垫圈，并可以将导线断头弯曲成型，可以在狭小空间中操作。

⑤镊子：主要用于夹持导线线头、元器件、螺钉等小型工件，常用类型有尖头镊子和宽口镊子，分别用于夹持较小物件和较大物件。

⑥压接钳：用于压接（网线水晶头）操作的基本工具。

⑦台钳：又称虎钳，台虎钳。物件安装在钳工台上进行操作处理。钳工的大部分工作都是在台钳上完成的，比如锯，锉，铰，以及零件的装配和拆卸。

(2) 答：4 种；空心针、铜编织线、吸锡器、专用焊台；

(3) 答：

①新烙铁需要在使用前先给烙铁头镀上一层焊锡。

②焊接集成电路与晶体管时，烙铁头的温度就不能太高，且时间不能过长。

③电烙铁不宜长时间通电而不使用。

④更换烙铁芯时要注意引线不要接错。

⑤电烙铁在焊接时，最好选用松香焊剂，以保护烙铁头不被腐蚀。

⑥根据需求选用不同类型的电烙铁。

⑦掌握正确的电烙铁握法和焊接方法。

(4) 答：虚焊-焊接间未充分固定；夹生焊-焊锡未充分熔化；

(5) 答：示波器的功能主要是用来显示和测量电压信号的波形和参数，电压信号参数包括：峰峰值、最大值、最小值、平均值、均方根值、顶端值、低端值；时间参数包含：信号的频率、周期、上升时间、下降时间、正脉宽、负脉宽、延迟 $1 \rightarrow 2 \uparrow$ 、延迟 $1 \rightarrow 2 \downarrow$ 、正占空比、负占空比等。

(6) 答：DC 耦合为信号提供直接的连接通路，信号的所有分量都会影响示波器的波形显示；

AC 耦合则通过电容与测量对象建立通路，将 DC 分量阻断，且对低频交流信号也有较大衰减作用。

四、采用学科思维导图归纳总结本章的内容

从略。

第 5 章习题解答

一、填空题

(1) 发电机；升降变压器；

(2) 高压配电系统；

(3) 直流输电；交流输电；

(4) 1000V； 1000Hz； 1500V；

(5) 减少电能在输送的过程中的损耗；

(6) 放射式；树干式；

(7) 振幅；频率；初相；

(8) $20\sqrt{2}\text{A}$ ；

(9) $\frac{5}{\sqrt{2}}\text{A}$ ；

(10) 1；

(11) 30° ； $\sqrt{3}$ 倍；

(12) 恒压值 $3UI\cos\varphi$ ；

(13) 有效值；

(13) 有效值；

(14) 黄；绿；红；蓝；黄绿；

(15) 化学电源；线性电源；开关电源；

(16) 半； 4； 全；

(17) -5V；

(18) 低；

(19) 干扰源；传播通道；被干扰对象；

(20) 传导干扰；辐射干扰；

(21) EMC；

(22) 人体通过过大电流；电击；电伤；

(23) 大小；时间；

(24) 10mA；

二、选择题

(1) B；(2) B；(3) A；(4) C；(5) A；(6) B；(7) B；(8) D；(9) B；(10) C；(11) C；(12) A；
(13) A；(14) B；(15) B；(16) B；(17) D；(18) B；(19) D；(20) C；(21) A；(22) A；(23) B；

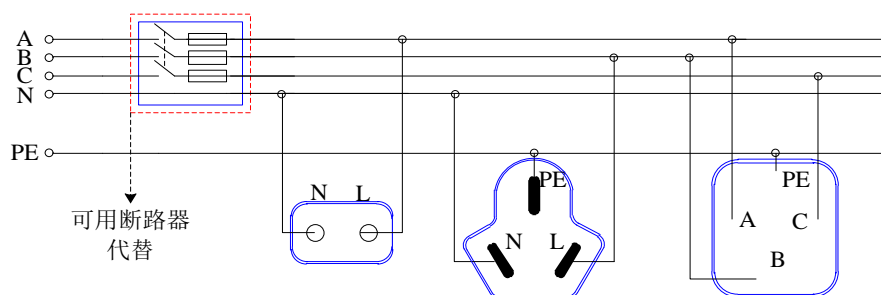
三、多项选择题

(1) ABC；(2) ABC；(3) BD；(4) ABCD；

四、问答题

(1) 答：三种：解析式、波形图、向量图；

(2) 答：如下图所示，注意 PE 线上不准串入熔断器和开关



(3) 答：电磁干扰（Electromagnetic Interference 简称 EMI）是指电磁波与电子元件作用后而产生的干扰现象，所谓“干扰”，有两层意思，一是设备受到干扰后性能降低，二是对设备产生干扰的干扰源。

电磁干扰源一般分为两大类：自然干扰源与人为干扰源。自然干扰源主要来源于大气层的天电噪声、地球外层空间的宇宙噪声。人为干扰源是有机电或其他人工装置产生电磁能量干扰。

(4) 答：电磁兼容性 EMC（Electro Magnetic Compatibility），是指设备或系统在其电磁环境中符合要求运行并不对其环境中的任何设备产生无法承受的电磁干扰的能力。EMC 包括两个方面的要求：一方面是指设备在正常运行过程中对所在环境产生的电磁干扰不能超过一定的限值；另一方面是指器具对所在环境中存在的电磁干扰具有一定程度的抗扰度，即电磁敏感性。磁兼容设计一般包含以下几个方面的内容：地线设计、线路板设计、滤波设计、屏蔽与搭接设计。

(5) 答：四检查：检查电源线有无破损以及绝缘电气性能；检查插头有无外露金属或内部松动；检查电源插头两端是否短路，与金属外壳有无通路；检查设备所需电压值是否与供电电压相符。

(6) 答：将伤员摆放心肺复苏体位，仰卧在坚硬的平面上，迅速解除缚束物，进行胸外按压（circulation），建立有效的人工循环。将抢救者双手掌根重叠，手臂绷紧垂直使肩、肘、腕关节成一直线，在胸廓中央（胸骨中下 1/2~1/3 段）垂直接压，连续按压 30 次，频率为至少 100 次/分（按压间隔不得超过 5s），按压深度至少 5 厘米。每次按压与放松时间相同，节奏平稳，掌根接触胸壁面不分离。保持气道开放位，进行人工呼吸（breathing），吹气两口。吹气量为 500-600ml（不超过 1200 ml），持续吹气时间 1-2 秒钟，两口气之间要有 1-2 秒的间隔。吹气时，将放在患者前额的手的拇指、食指捏紧患者的鼻翼，吸一口气，用双唇包严患者口唇周围，开始吹气，两口气吹气间隔要放松鼻翼，偏离患者口部。建立以 30:2 的比例进行按压和吹气循环，5 个循环后，快速检查伤病员的呼吸脉搏，如没有恢复，继续反复进行心肺复苏。

(7) 答：功率因数是指有功功率与视在功率的“比例”。功率因数由负载元件的阻抗性质和大小决定。

(8) 答：减少损耗。

(9) 答：安全需要。

(10) 答：外壳可能有电位差、有触电危险。

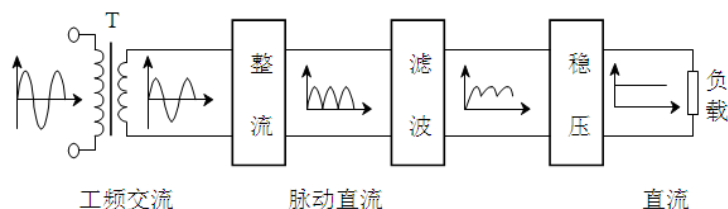
(11) 答：在 PEN 线先接 PE 母线，再将 PE 母线与 N 母线进行连接的情况下，当 PE 母线与 N 母线之间的连接线接触不良时，中性线路（N 线）不通，系统设备运行不正常，单相设备甚至不工作。这时故障容

易被发现并修复，不致造成大的危害。若 PEN 线先与 N 母线连接，再将 N 母线与 PE 母线进行连接时，当 PE 母线与 N 母线之间的连接线接触不良时，则整个系统失去 PE 线的接零保护，但系统内的设备仍正常工作，失去 PE 接零保护的故障将不被发现，对人身安全构成极大威胁。

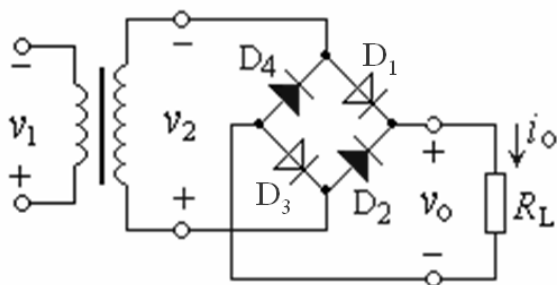
五、分析题

(1) 答：计算过程从略 4.5; 9.0

(2) 答：如下图所示



(3) 答：



在交流电源 v_2 为正半周时，二极管 D_2 和 D_4 导通，电流流向为 $v_2+ \rightarrow D_2+ \rightarrow R_L \rightarrow D_4+ \rightarrow v_2-$ ，因此输出电压 v_0 的方向为上+下-。

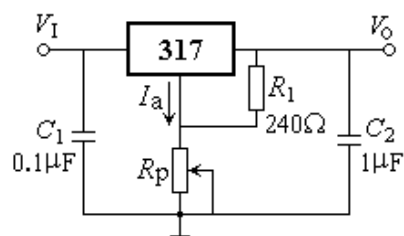
同理， v_2 为负半周时，二极管 D_1 和 D_3 导通，电流流向为 $v_2- \rightarrow D_1+ \rightarrow R_L \rightarrow D_3+ \rightarrow v_2+$ ，输出电压 V_0 的方向仍然为上+下-。结论：不管在电源正半周还是负半周， v_0 都是正电压，即可实现交流 \rightarrow 直流的转换。

(4) 答：图(a)。

电容对于交流信号相当于短路而对直流信号相当于开路，电感相当于短路，图(a)中，交流信号将通过电容流入地端，起到了滤除交流信号的作用。图(b)则起到滤除直流信号的作用，不符合电路要求。

(5) 答：LM317 可以将输入的带波纹的直流电压 V_1 变成稳定的直流电压 V_0 ，通过调整 R_p 的阻值，可实现对 V_0 电压值的调整。

(6) 答：高；不稳定



六、计算题

(1) 解： $P = UI \cos \varphi = 30\sqrt{3}W$

$$Q = UI \sin \varphi = -30Var$$

$$S = UI = 60W$$

$$\lambda = \cos \varphi = 0.866$$

(2) 解：频率为 50Hz： $i(t) = 10\sqrt{2} \sin(100\pi t + \varphi) / 100 = 0.1\sqrt{2} \sin(100\pi t + \varphi)$

频率为 5000Hz： $i(t) = 10\sqrt{2} \sin(10000\pi t + \varphi) / 100 = 0.1\sqrt{2} \sin(10000\pi t + \varphi)$

频率变化不改变电流的幅值和有效值。

七、讨论题

(1) 答：

间接接触防护包含 IT 系统保护、TT 系统保护以及 TN 系统保护三种。其符号中，第一个字母表示系统电源端与地的关系，T 表示电源端有一点直接接地，I 表示电源端所有带电部分不接地或经消弧线圈（或

大电阻)接地。第二个字母表示系统中的电气设备(或装置)外露可导电部分与地的关系,T表示电气设备(或装置)外露可导电部分与大地有直接的电气连接,N表示电气设备(或装置)外露可导电部分与配电系统的中性点有直接的电气连接。

IT系统称为(中性点不接地系统)-保护接地系统,其电源侧没有工作接地,或经过高阻抗接地,负载侧电气设备进行接地保护,运用IT方式供电系统,一旦设备漏电,单相对地漏电流仍小,不会破坏电源电压的平衡,所以比电源中性点接地的系统安全。不过,当某相线碰壳或接地时,其他两相对地电压在中性点不接地系统中将升高为相电压的1.732倍。

TT系统称保护接地系统,所有设备的外露可导电部分均经各自的保护线PE分别直接接地(而与电源如何接地无关)。当供电系统当电气设备的金属外壳带电(相线碰壳或设备绝缘损坏而漏电)时,由于有接地保护,当人体接触设备外壳时,流过人体的电流远小于流过接地线的故障电流,可以大大减少触电的危险性。但是,当故障电流不足以使低压断路器跳闸时或熔断器熔断,将会使造成漏电设备外壳的对地电压长期高于安全电压,同时,TT系统接地装置用钢材多,而且难以回收、费工时、费料。因此TT系统难以推广。

TN系统称保护接零系统,其所有电气设备的外露可导电部分均接到保护线上,并与电源的接地点相连称为。TN系统与TT系统相比,当电气设备外壳发生碰壳故障时,其产生的故障电流较大,易使熔断器或其他过流保护装置动作而及时切断电源,即使在保护装置没有动作期间,人体接触到漏电设备外壳,流过人体的电流也远小于故障电流,因此TN系统的安全性要高于TT系统。TN方式供电系统中,根据其保护线PE是否与工作零线N分开又划分为TN-C、TN-S、TN-C-S系统

(2) 答:

瞬时功率 $p(t)$ 是指交流电路中任何一瞬间的功率,其值等于瞬时电压乘上瞬时电流。

$$\begin{aligned} p(t) &= u(t)i(t) = U_m I_m \sin(\omega t) \sin(\omega t - \varphi) \\ &= UI \cos \varphi (1 - \cos 2\omega t) - UI \sin \varphi \sin 2\omega t \\ &= UI \cos \varphi - UI \cos(2\omega t - \varphi) \end{aligned}$$

有功功率 P 又称为平均功率,为瞬时功率在一个周期内的平均值。

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T P_{\text{active}}(t) dt = UI \cos \varphi$$

无功功率 Q 是衡量储能元件(电感、电容)与外部电路交换的功率。将瞬时无功功率的幅值定义为无功功率,即 $Q = UI \sin \varphi$ 。

视在功率 S 是电压和电流有效值的乘积,即 $S = UI$ 。

以上各式中, U 表示交流电压的有效值, I 表示交流电流的有效值。 φ 表示交流电压与交流电流的相位差。

当负载为电阻时,电阻上的交流电压和电流同相位,意味着电阻上的 $P=S$,而 $Q=0$,即电阻元件与电源之间不存在功率交换,电阻吸收的能量全部转换为热量消耗掉了。

当负载为电感时,根据电感的电流与电压的伏安关系可知,电感上的交流电流滞后电压 90° ,则电感上的 $P=0$,而 $Q=S$,意味着电感与电源之间存在能量交换(可理解为能量在电感与电源之间来回流动),电感本身不消耗能量,其无功 Q 可理解为电感吸收感性无功,而发出容性无功。通常无功是指感性无功。

当负载为电容时,根据电容的电流与电压的伏安关系可知,电容上的交流电流超前电压 90° ,则电容上的 $P=0$,而 $Q=-S$,意味着电容与电源之间也存在能量交换,电容本身不消耗能量,其无功 Q 前面的负号通常理解为电容吸收容性无功,而发出感性无功。

八、采用学科思维导图归纳总结本章内容

从略。

第6章习题解答

略

第7章习题解答

一、填空题

- (1) 1200V; 1500V;
- (2) 感测; 判断; 执行机构;
- (3) 回环;
- (4) 常开;
- (5) 点接触; 线接触; 面接触;
- (6) 1020V; 80100mA;
- (7) 电源隔离;
- (8) 带灭弧装置;
- (9) 脱扣器;
- (10) 将手柄转到分闸位置再重合闸;
- (11) 电流;
- (12) 3065 ; 10%~20% ;
- (13) 越快;
- (14) 断电延时型;
- (15) 欠电压;
- (16) 增大;
- (17) 带断相保护;
- (18) AC/DC; AC/AC; DC/AC; DC/DC;
- (19) 以较小的电流或电压控制高电压、大电流;
- (20) 电流控制; 电压控制;
- (21) PNP 四层; A (阳极); G (门极); K (阴极);
- (22) 栅极 G; 集电极 C; 发射极 E;
- (23) 驱动和控制;
- (24) 同步; 异步;
- (25) 定子; 转子;
- (26) 笼型; 绕线;
- (27)
- (28) Y; Δ
- (29) 隐极; 凸极
- (30) 转子的旋转速度与定子磁场的旋转速度严格同步
- (31) 启动性能; 调速性能
- (32) 转子线圈与外电路的连接是通过放置在换向片上固定不动的电刷进行的
- (33) 脉冲信号; 固定角度
- (34) 电器耐高压冲击的能力以及在高压下被击穿的时间
- (35) 400A
- (36) 断路器; 隔离开关; 接地开关; 母线; 避雷器
- (37) 脉冲信号的频率; 脉冲个数

- (38) 三相永磁同步型交流
- (39) 电磁机构(推动机构); 触点系统
- (40) 短路环; 减少衔铁吸合时的振动和噪音
- (41) 电枢回路电阻、电源电压、磁通(弱磁)
- (42) 1/3、1/3、空载或轻载
- (43) 0; 切断电源; 反转
- (44) 增大转子电阻
- (45) 短路; 串
- (46) 相反的电磁转矩
- (47) 限位; 机械位移
- (48) 执行; 执行
- (49) 转速和转向; 100r/min
- (50) 上; 倒装; 平装; 误合闸; 上端; 下端

二、选择题

- (1) A; (2) A; (3) B; (4) B; (5) C; (6) C; (7) B; (8) B; (9) A; (10) C; (11) D; (12) D;
- (13) C; (14) C; (15) C; (16) D; (17) A; (18) A; (19) B; (20) C; (21) B; (22) D; (23) B;
- (24) A; (25) C; (26) A; (27) A; (28) B; (29) C; (30) A; (31) C; (32) C; (33) B; (34) B;
- (35) A; (36) A; (37) C; (38) C; (39) A;

三、多项选择题

- (1) ABC; (2) BD; (3) ABCDE; (4) ACD; (5) BD; (6) ABC; (7) BCEF; (8) ABCD; (9) CD;
- (10) BC; (11) ABCD; (12) AB; (13) BCD; (14) ABCD; (15) AC; (16) AC;

四、问答题

(1) 答: 继电器和接触器都是电磁式开关电器。区别在于继电器通断的电路电流通常较小, 一般用在控制电路中, 没有灭弧装置; 而接触器是用来接通或断开主电路的, 一般通过的电流比较大, 容量大的接触器一般都带有灭弧罩。

(2) 答: 热继电器主要用于保护设备(如电机), 设备过载发热时, 热继电器应断开; 而熔断器主要用于保护线路, 线路短路时, 熔断器应熔断。

(3) 答: 接触器的常见故障和对应的排除方法如下:

- ①不动作或者动作不可靠。解决方法为调整电源电压, 或更换线圈等故障部件。
- ②不释放或释放缓慢。解决方法为调整触点参数或修理/清理/更换触头、弹簧、铁芯。
- ③线圈过热或烧损。解决方法为调整电源电压, 调换线圈或接触器
- ④电磁铁(交流) 噪声大。解决方法为调整触点弹簧压力, 清理或更换触头、铁芯。
- ⑤接触器触头烧损太快或熔焊。解为决方法调高触点弹簧压力、清理触头、更换大容量接触器。

(4) 答: 电器中常用的灭弧方法有利用气体或油熄灭电弧、采用多断口、采用新介质(如SF₆、真空)、双断口电动力吹弧、磁吹灭弧、灭弧罩窄缝灭弧、栅片灭弧。各种灭来弧方法的特点请查立相关资料。

(5) 答: 高压断路器在电力系统中起控制作用与保护作用。控制作用: 当系统正常运行时, 根据电网运行的需要, 能通、断各种性质的电流电路, 将部分电气设备或线路投入或退出运行; 保护作用: 在电气设备或电力线路发生故障时, 继电保护装置发出跳闸信号, 起动高压断路器, 切断过负荷电流和短路电流, 将故障部分设备或线路从电网中迅速切除, 确保电网中无故障部分的正常运行。

高压断路器具有相当完善的灭弧结构和足够的断流能力, 因此能够开断大电流。

(6) 答: SF₆ 的灭弧性能相当于同等条件下的空气的 100 倍, 在一个大气压时, 其绝缘性能超过空气的二倍。因此六氟化硫断路器优点为: 使用寿命长; 不存在燃烧、爆炸的不安全问题, 使用可靠; 结构简单,

故外形尺寸小，占地面少；灭弧快；断路电流大。但是，SF₆ 气体的电气性能受电场均匀程度及水分、杂质的影响很大，因此对 SF₆ 气体的纯度及密封性要求高，同时也对 SF₆ 断路器的加工精度要求高。

(7) 答：高压隔离开关的用途有：

①隔离电源：电气设备检修时，隔离检修电气设备与带电电源，形成断开点，保证人员和设备安全。

②倒换线路或母线：用隔离开关将电气设备或线路从一组母线切换到另一组母线上。

③关合与开断小电流电路：关合和开断电压互感器、避雷器电路；不超过 5A 的电容电流空载线路；空载电力线路；空载变压器等。

(8) 答：晶闸管的伏安特性表示晶闸管的阳极与阴极间的电压和它的阳极电流之间的关系。在正向阻断状态时，晶闸管的伏安特性是一组随门极电流的增加而不同的曲线簇。当 I_G 足够大时，晶闸管的正向转折电压很小，可以看成与一般二极管一样。 $I_G=0$ 时，器件两端施加正向电压，为正向阻断状态，只有很小的正向漏电流流过，正向电压超过临界极限即正向转折电压 U_{bo} ，则漏电流急剧增大，器件开通（硬开通）。

(9) 答：直流电动机是将电能转变成机械能的旋转机械。把电刷 A、B 接到直流电源上，电刷 A 接正极，电刷 B 接负极。此时电枢线圈中将有电流流过，在磁场作用下产生电磁力，该电磁力形成的电磁转矩。当电磁转矩大于阻力转矩时，电机转子旋转。由于电刷和换向器的作用保证了同一个极下线圈边中的电流始终是一个方向，使该极下线圈边所受的电磁力方向不变，从而保证了转子朝同一个方向转动。

直流发电机是将机械能转变成电能的旋转机械。其工作原理是把原动机驱动发电机转子旋转时电枢线圈中感应产生的交变电动势，靠换向器配合电刷的换向作用，使从电刷端引出的电势极性保持不变，从而形成直流电动势。

(10) 答：三相异步电动机的定子铁芯中放有三相对称绕组，每相相差 120 度空间角。将三相绕组接在三相交流电源上，在定子绕组中产生三相电流，它们共同产生的合成磁场随电流的交变而在空间不断地旋转，这个旋转磁场的旋转频率和电流的频率相同。旋转磁场在旋转时，其磁通切割转子导条，导条中就感应出电动势，电动势的方向用右手定则确定。在电动势的作用下，闭合的导条中就有电流。这种电流与旋转磁场相互作用，使转子导条受到电磁力的作用，电磁力的方向由左手定则确定。电磁力产生转矩，从而驱动电动机的转子旋转起来。

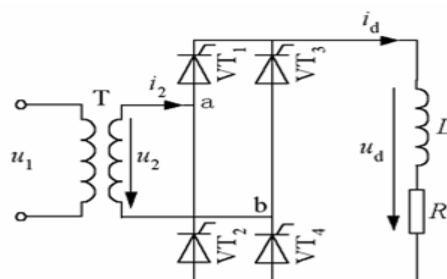
(11) 答：电机堵转是指电机在转速为零时仍然输出扭矩的一种情况，一般都是机械的或者人为的。具体表现为电机负载过大、轴承损坏、扫膛等原因引起的电动机无法启动或停止转动的现象。电机堵转时功率因数极低，堵转时的电流（称堵转电流）最高可达额定电流的 7 倍，时间稍长就会烧坏电机。

在电动机刚通电起动的瞬间，转子转速为 0，这时也可以认为是“堵转”。

(12) 答交流电磁线圈误通直流电源时，因其等效直流电阻较小，将导致线圈发热。直流电磁线圈误通交流电时，因线圈铁心为整块硅钢做成，会产生较大涡流，产生大量热量，烧毁线圈。220V 的交流接触器通入 380V 交流电源，因电压增加超过其额定电压，所以会烧毁线圈。

五、设计题

(1) 解：使用 SCR 设计的单相桥式全控整流电路如下图所示



该电路的由 VT1~VT4 共 4 个 SCR 构成，其中 VT1 和 VT4 为一组桥臂，VT2 和 VT3 为另一组桥臂，

同一组桥臂中的 2 个 SCR 触发脉冲相同。

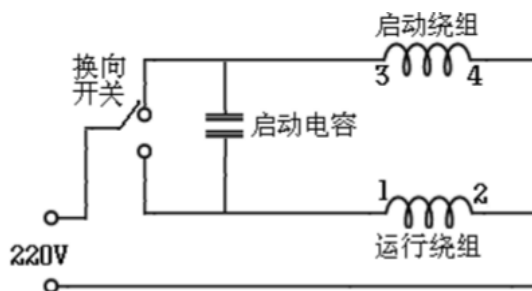
在电源 u_2 为正半周期间，在触发角 α 处给 VT1 和 VT4 的门极加触发脉冲使其导通，电流从电源 a 端经 VT1、负载、VT4 流回电源 b 端。当 u_2 过零时，VT1 和 VT4 关断。

同理，在电源 u_2 为负半周期间，在触发角 α 处给 VT2 和 VT3 的门极加触发脉冲使其导通，电流从电源 b 端经 VT3、负载、VT2 流回电源 a 端。当 u_2 过零时，VT2 和 VT3 关断。

因此，无论 u_2 为正半周还是负半周，负载上的电流方向都是由上往下流（如图中所示），从而实现了全控整流功能。

(2) 解：

洗衣机中所使用的正反转单相电机电路原理如下图所示。



其工作原理是：电机的启动绕组与运行绕组在空间上相差 90° ，且二者的线径与线圈数完全一致。当转换开关向上拨时，电流要经过一个启动电容才流入运行绕组，使得流过启动绕组中的电流超前运行绕组 90° ，二者的合成磁场使电机正转。当电机正转到一定程度时，通过机械或定时装置使转换开关向下拨，使得流过启动绕组中的电流滞后运行绕组 90° ，二者的合成磁场使电机反转。

六、计算题

解：(1) $P_{2N} = P_{1N} \times \eta_N = \sqrt{3} U_N I_N \eta_N \cos \phi_N$

$$I_N = \frac{P_{2N} \times 10^3}{\sqrt{3} U_N \cos \phi_N \eta_N} = \frac{50 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.87 \times 0.923} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$$

(2) 由 $n_N = 1480 \text{ r/min}$ ，可知 $p=2$ （四极电动机）

$$n_0 = 1500 \text{ r/min}, \quad s_N = \frac{n_0 - n}{n_0} = \frac{1500 - 1480}{1500} = 0.013$$

(3) $P_{2N} = 2\pi \cdot \frac{n_N}{60} T_N \Rightarrow T_N = 60 P_{2N} / 2\pi n_N \approx 9.554 P_{2N} / n_N \text{ (kW} \cdot \text{min/r)}$

$$T_N = 9554 \frac{P_{2N}}{n_N} = 9554 \times \frac{50}{1480} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$T_{\max} = \left(\frac{T_{\max}}{T_N} \right) T_N = 2.2 \times \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$T_{\text{st}} = \left(\frac{T_{\text{st}}}{T_N} \right) T_N = 1.9 \times \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N} \cdot \text{m}$$

七、采用学科思维导图归纳总结本章内容

第 8 章习题解答

一、填空题

- (1) 构件；运动副；
- (2) 回转运动；直线运动；曲线运动；
- (3) 低副；

- (4) 棘轮;
- (5) 外啮合; 内啮合;
- (6) 机构; 构件;
- (7) 简谐运动;

二、单项选择题

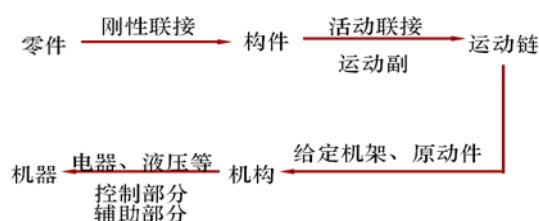
- (1) A; (2) A; (3) D; (4) A; (5) C

三、多项选择题

- (1) AB; (2) ABC

四、简答题

- (1) 答: 零件、构件、运动链、机构、机器之间的关系用下图表示。



- (2) 答:

- ①带轮传动比和传动效率高, 运动平稳, 振动和噪音小。能够在较大轴距上传送转矩。
- ②链轮效率高, 能够在较大的轴距上传送转矩, 但是不能吸收冲击和振动, 平稳性较差, 不适于载荷变化大的场合。
- ③齿轮的效率, 寿命长, 瞬时传动比稳定, 结构紧凑。缺点是不能吸收冲击和振动, 易磨损, 过载能力差, 运行噪音大, 安装困难, 不适于远轴距传动。

- (3) 答:

- ①蜗轮蜗杆特点: 传动比大, 结构紧凑; 传动平稳, 噪声小; 具有自锁功能; 传动效率低, 磨损较严重; 蜗杆的轴向力较大, 使轴承摩擦损失较大。
- ②螺旋机构特点: 结构简单, 仅需内、外螺纹组成螺旋副; 传动比很大, 可以实现微调可降速传动; 省力, 可以以很小的力, 完成需要很大的力才能完成的任务; 能够自锁; 工作连续、平稳、无噪声; 磨损大, 效率低, 是螺旋机构的最大缺点。

五、采用思维导图归纳总结本章内容

从略。

第9章习题解答

一、填空题

- (1) 液压油; 压力能;
- (2) 动力元件; 执行元件; 控制元件; 辅助元件; 动力元件; 执行元件;
- (3) 入口; 出口;
- (4) 理论; 实际;
- (5) 减压; 节流;
- (6) 小; 大;
- (7) 1;
- (8) 压力; 电信号;
- (9) 增大;
- (10) 层流; 紊流; 雷诺数;
- (11) 可;
- (12) 减压阀; 顺序阀; 溢流阀;

- (13) 力矩平衡;
(14) 截止式; 滑柱/块式; 膜片式;

二、单选题

- (1) A; (2) C; (3) B; (4) C; (5) B; (6) D; (7) A; (8) B; (9) A; (10) A; (11) C; (12) A;
(13) C; (14) B; (15) C; (16) D; (17) E

三、多选题

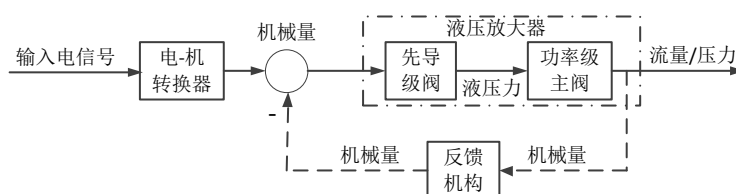
- (1) CD; (2) ABC; (3) BD; (4) AC; (5) ADE; (6) ACDE; (7) ABCDE

四、简答题

(1) 答: 容积式液压泵正常工作的必要条件有: 必须具有密闭工作腔; 密闭工作腔的容积要能进行周期性变化; 吸油腔和压油腔要互相隔开, 并且有良好的密封性; 油箱中的工作液体始终应不低于一个大气压。

(2) 答: 节流阀是通过改变节流截面或节流长度以控制流体流量的阀门; 调速阀是进行了压力补偿的节流阀。

(3) 答: 电液伺服阀本身是一个闭环控制系统, 一般由电-机转换部分, 机-液转换和功率放大部分, 反馈部分和电控器部分。大部分伺服阀仅由三部分组成, 只有电反馈伺服阀才含有电控器部分。从下图可以归纳各部分的作用。



(4) 答: 真空泵, 真空仪表, 真空阀门, 真空管道和各类接口。

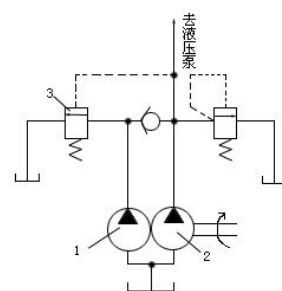
五、分析题

(1) 答: 图示系统为定量泵, 表示输出流量 Q_p 不变。根据连续性方程, 当阀的开口开小一些, 通过阀口的流速增加, 但通过节流阀的流量并不发生改变, $Q_A = Q_p$, 因此该系统不能调节活塞运动速度 v , 如果要实现调速就须在节流阀的进口并联一溢流阀, 实现泵的流量分流。

连续性方程只适合于同一管道, 活塞将液压缸分成两腔, 因此求 Q_B 不能直接使用连续性方程。根据连续性方程, 活塞运动速度 $v = Q_A / A_1$, $Q_B = (A_2 / A_1) Q_p$

(2) 答: ?

(3) 答: 完整的双液压泵供油回路如下图。该油源的工作原理: 当系统快速运动时, 油路压力低, 顺序阀关闭, 二泵合流供油; 当系统速度低, 油路压力大时, 顺序阀开, 低压大流量泵卸荷, 高压小流量向系统供油。



(4) 答: 闭门器是门头上一个类似弹簧的液压器, 当门开启后能通过压缩后释放, 将门自动关上, 有象弹簧门的作用, 可以保证门被开启后, 准确、及时的关闭到初始位置, 如图所示。

闭门器的工作原理是: 当开门时, 门体带动连杆动作, 并使传动齿轮转动, 驱动齿条柱塞向右方移动。在柱塞右移的过程中弹簧受到压缩, 右腔中的液压油也受压。柱塞左侧的单向阀球体在油压的作用下开启, 右腔内的液压油经单向阀流到左腔中。当开门过程完成后, 由于弹簧在开启过程中受到压缩, 所积蓄的弹性势能被释放, 将柱塞往



左侧推，带动传动齿轮和闭门器连杆转动，使门关闭。在弹簧释放过程中，由于闭门器左腔的液压油受到压缩，单向阀被关闭，液压油只能通过壳体与柱塞之间的缝隙流出，并经过柱塞上的小孔以及2条装有节流阀芯的流道回流到右腔。因此液压油对弹簧释放构成了阻力，即通过节流达到了缓冲的效果，使门关闭的速度得到了控制。阀体上的节流阀可以调节，可控制不同行程段的、可变化的闭门速度。

六、计算题

(1) 解：？

(2) 解：？

(3) 解：？

七、采用思维导图归纳总结本章内容

第10章习题解答

一、填空题

- (1) 电器；电动机；导线；控制器；
- (2) 线路过载或短路；设备过载；
- (3) 并联；串联；
- (4) 常闭；
- (5) 4-8；
- (6) Y- Δ 降压启动；定子串电阻降压启动；
- (7) 20%；
- (8) 25%；
- (9) 直流电源；
- (10) 相序；
- (11) 时间原则；速度原则；
- (12) 与；或；非；
- (13) 互锁；
- (14) 主电路；欠压保护；
- (15) 电气原理图；电器元件布置图；电气安装接线图；
- (16) ？
- (17) ？
- (18) ？
- (19) ？
- (20) ？
- (21) ？
- (22) ？
- (23) ？
- (24) ？

二、选择题

- (1) A；(2) C；(3) D；(4) D；(5) A；(6) ？；(7) ？；(8) ？；(9) ？；(10) ？；(11) ？；(12) ？；(13) ？；

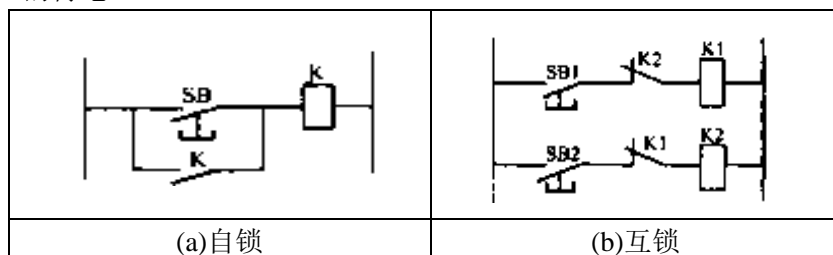
三、问答题

(1) 答：？

(2) 答：自锁电路是利用输出信号本身联锁来保持输出的动作。如下图(a)所示，K得电，k常开触点闭合导致K保持得电状态。

互锁是两个接触器或继电器之间，利用自己的辅助触点，去控制对方的线圈回路，进行状态保持。如

下图(b)所示,互锁电路实质上是两个禁止电路的组合。K1 动作就禁止了 K2 的得电, K2 动作就禁止了 K1 的得电。



(3) 答: 失压保护: 为了防止电网失电后恢复供电时电动机自行起动的保护称为失压保护。欠压保护: 在电源电压降到允许值以下时, 为了防止控制电路和电动机工作不正常, 需要采取措施切断电源。

(4) 答: ?

(5) 答: ?

(6) 答: ?

(7) 答: ?

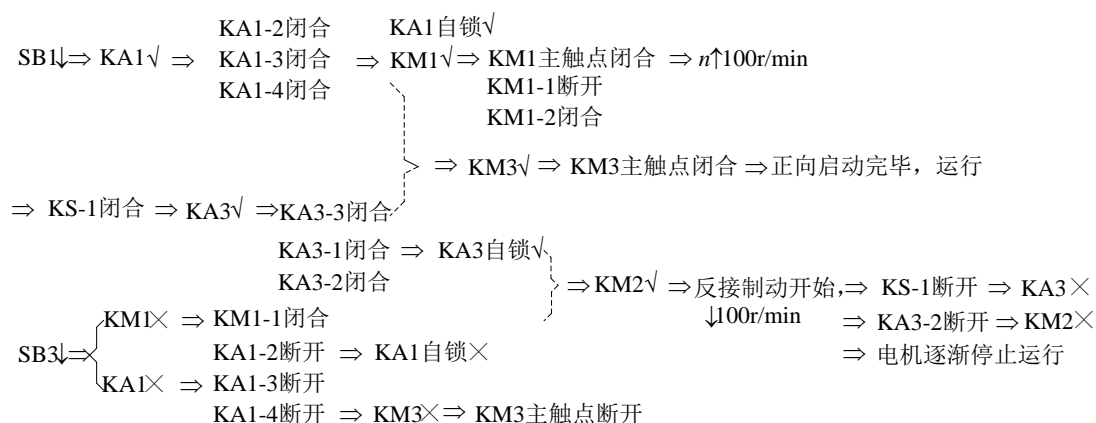
(8) 答: ?

4.分析题

(1) 答:

第一种方式: 三相均串电阻, 作用: 降压启动和反接制动

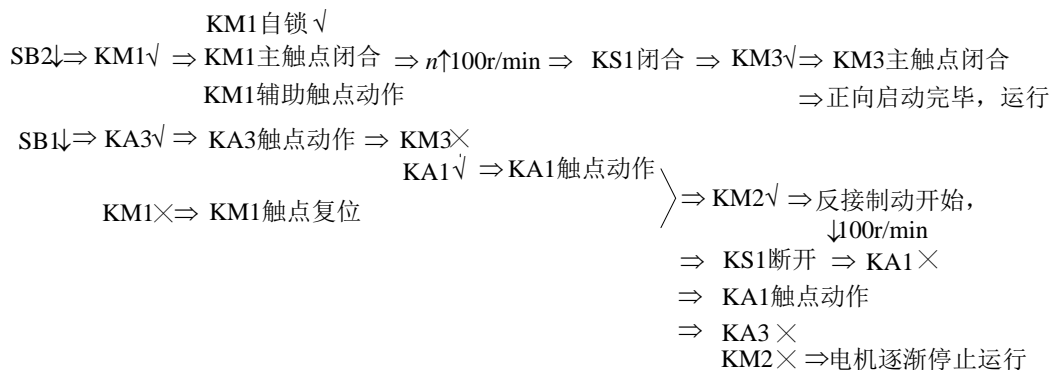
正向运行与反接制动时各电器的运行情况:



逆向运行与反接制动时各电器的运行情况可以类比画出。

第二种方式: 只有两相串电阻, 作用: 降压启动和反接制动

正向运行与反接制动时各电器的运行情况:



逆向运行与反接制动时各电器的运行情况可以类比画出。

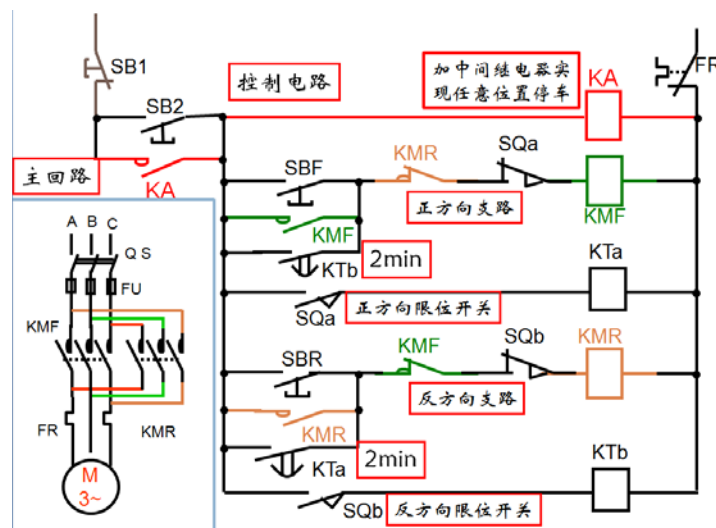
两种带反接制动电阻的可逆运行电气控制系统方案均可实现相应的功能，主要区别是：

- ✓ 主电路部分：前一种，制动电阻有两个，而后一种制动电阻有三个；并且串联靠近电机一侧的位置也不一样，前者在热继电器之前，而后者在热继电器之后，由此使降压启动和制动时两相均无电流流过。
- ✓ 控制电路部分：前者用了 4 个中间继电器，而后者用了 3 个中间继电器；前者用了 2 个复合开关，实现正反转启动的机械互锁，后者用了 1 个复合开关，实现停止运行时的制动。

- (2) 答：？
 (3) 答：？
 (4) 答：？
 (5) 答：？
 (6) 答：？
 (7) 答：？
 (8) 答：？
 (9) 答：？
 (10) 答：？

五、设计题

(1) 解：



正方向电器运行顺序：

$SBF \downarrow \Rightarrow KMF \uparrow \Rightarrow$ 小车正向运行 \Rightarrow 至A端, 撞 $SQa \Rightarrow KTa \downarrow$,
 $\Rightarrow KMR \uparrow \Rightarrow$ 小车反向运行 \Rightarrow 至B端, 撞 $SQb \Rightarrow KTb \downarrow$,

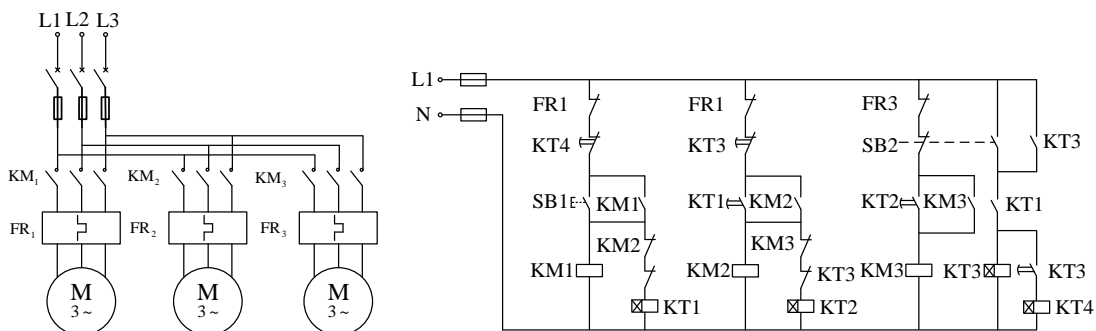
延时2分钟 $\Rightarrow KMF \uparrow \Rightarrow$ 小车正向运行……

反方向电器运行顺序：

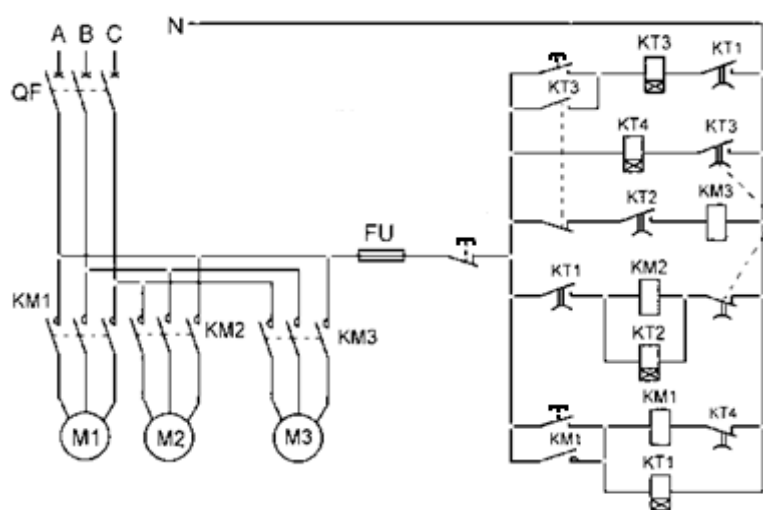
$SBR \downarrow \Rightarrow KMR \uparrow \Rightarrow$ 小车反向运行 \Rightarrow 至B端, 撞 $SQb \Rightarrow KTb \downarrow$,
 $\Rightarrow KMF \uparrow \Rightarrow$ 小车正向运行 \Rightarrow 至A端, 撞 $SQa \Rightarrow KTa \downarrow$,

延时2分钟 $\Rightarrow KMR \uparrow \Rightarrow$ 小车反向运行……

(2) 解：第一种方案(也可以将热断电器串在一起放在 L1 控制进线开头，KT1 也可以是通电延时闭合开关)



另一种方案(图中未画热继电器)



六、绘图

?

七、采用学科思维导图归纳总结本章内容

从略。

第 11 章习题解答

从略

第 12 章习题解答

一、填空题

- (1) 确定被测量值的真实值；将被测量与同种性质的标准量进行比较；
- (2) 偏差；功率；相位；频率； 功率因数；
- (4) 磁电；电磁；电动；
- (5) 非线性误差；环境干扰；
- (6) 热电阻；热电偶 ；热敏电阻；
- (7) 电阻随温度变化；铂；铜；
- (8) 线性度；灵敏度；
- (9) 开路；短路；

(10) 19.999; 199.99;

二、选择题

(1) D; (2) A; (3) D; (4) D; (5) C; (6) C; (7) B; (8) B; (9) A; (10) B;

三、计算题

(1) 解:

$$\gamma_1 = \frac{\delta_1}{X_1} \times 100\% = \frac{1.5}{130} \times 100\% = 1.15\%$$
$$\gamma_2 = \frac{\delta_2}{X_2} \times 100\% = \frac{0.5}{15} \times 100\% = 3.33\%$$

可见, 电流表 1 的示值相对误差较小, 准确度较高

(2) 解: 绝对误差=102-100=2kPa; 实际相对误差=(2/100) × 100%=2%;

引用误差=[2/(200-0)]*100%=1%

(3) 解: 该仪表在0℃测量点的绝对误差为0.5℃, 引用误差为[0.5/(100+100)]*100%=0.25%

已经超过了0.2级仪表的精度, 因此该仪表已不符合出厂时的精度等级。

(4) 某1.0级的电流表, 量程为0~100mA, 求测量值分别为20mA, 80mA和100mA时的相对误差。

解: 该电流表的最大绝对值误差=(100-0) × 0.01=1mA;

测量值为20mA时的相对误差为(1/20) × 100%=5%;

测量值为50mA时的相对误差为(1/50) × 100%=2%;

测量值为100mA时的相对误差为(1/100) × 100%=1%

(5) 解: 查Pt50分度表, 150℃对应的电阻值为79.10Ω, 再去查Cu50分度表, 79.10Ω对应的温度值在135℃(78.91Ω)和136℃(79.12Ω)之间,

利用线性内插法, 可计算得实际的被测温度为: $T = 135 + \frac{79.10 - 78.91}{79.12 - 78.91} \times (136 - 135) = 135.95^\circ\text{C}$

(6) 解: ①温度为0℃时, Pt100热电阻的 $R_{t0}=100\Omega$, 为了使电桥平衡(此时输出电压为0), 则 $R_a + R_{t0}$ 应等于 R_2 , 即 $R_a = R_2 - R_{t0} = 5 - 0.1 = 4.9\text{k}\Omega$ 。

② 若被测温度为300℃, 则此时Pt100热电阻的 R_t 根据分度表可查得为212.05Ω, 则电桥的输出电压为:

$$U_o = \left(\frac{R_3}{R_1 + R_3} - \frac{R_a + R_t}{R_2 + R_a + R_t} \right) E = \left(\frac{10}{10 + 10} - \frac{4.9 + 0.212}{5 + 4.9 + 0.212} \right) \times 5 = -27.7\text{mV}$$

三、简答题

(1) 答: 直接测量法比较简单, 不用进行繁琐的计算, 但测量精度不容易达到很高。例如用弹簧秤测重量。

微差测量法的特征是测量被测定量和已知量之间的差值。所以甚至采用比较粗糙的工具来测量差值时, 微差测量法也能得到高准确度的结果。但是只有在已知量的准确度高, 其值接近被测之量的值得条件下, 才能实现这种方法。微差法测量兼顾精度与速度, 因此可以用于流水线上的测量。例如用微差法测量电机轴直径

零位测量法进行测量的优点是可以获得较高的精度, 它在工程参数测量和实验室测量中应用很普遍, 如电子天平、零位式活塞压力计测压、电位差计及平衡电桥测毫伏信号及电阻值等。

组合测量法有以下两个优点: 在精度要求相同的情况下, 组合测量所需的测量次数可以大为减少; 由于将系统误差的出现规律变为随机性质, 因而可使测量结果的精确度有所提高。组合测量的特点是被测量的数目多(即未知数多), 测量次数多余未知数的数目, 而且各种组合测出的结果不完全

相同。例如用伏安法测量电阻。

(2) 答：通常作为标准仪表的精度等级要比被测仪表高一个数量级以上，而钢转尺的精度等级与直尺差不多，所有其测量结果不可以作为直尺测量的参考真值。

(3) 答：在实际测量中，热电阻的引出线和连接导线也具有一定的电阻值，且处于周围环境中，其电阻值随环境而变化。由于热电阻的阻值不大，一般为几欧到几十欧的范围内，因此，热电阻引出线和连接导线的电阻变化对测量结果会造成很大的影响，且这种测量误差是很难估计和修正的。因此，热电阻的测量电路往往使用差动电桥，三线制接法是在热电阻的一段连接两根导线（其中一根作为电源线），另一端连接一根导线。当热电阻与测量电桥配用时，分别将两端引线接入两个桥臂，就可以较好地消除引线电阻影响，提高测量精度。

而热敏电阻的电阻值通常在几千欧姆以上，其引出线和连接导线的电阻值（通常为几欧姆）对测量结果的影响可忽略不计，因此采用二线制接法即可。

(4) 答：第一支温度计，在整个量程范围内，可能出现的最大绝对误差为：

$$\pm 0.025 \times (300-0) = \pm 7.5^{\circ}\text{C} , \quad \text{其示值相对误差为:}$$

$$\pm (7.5/100) \times 100\% = \pm 7.5\%$$

第二支温度计，在整个量程范围内，可能出现的最大绝对误差为：

$$\pm 0.01 \times (1000-0) = \pm 10^{\circ}\text{C} , \quad \text{其示值相对误差为:}$$

$$\pm (10/100) \times 100\% = \pm 10\% . \text{因此，选用第一支温度计比较合适。}$$

(5) 答：传感器的作用是将科学研究、工业生产、日常生活中需要检测或控制的物理量(如压力、温度、流量等难以放大、处理和传输的非电量)检出并转换为便于传递和处理的输出信号。

根据被测量的不同，可分为温度传感器、力/压力传感器、位移传感器、流量传感器、加速度传感器等。

(6) 答：不能接反。因为分流器的电阻很小，大部分电流从分流器中流过，电流表中流过的电流很小，所以分流器和磁电式电流表并联后再串联在被测电路中，才不致把线圈烧坏。

(7) 答：所谓三位半数字万用表，又称3 1/2 位，1/2指的是其显示的数字最高位为0或者1，3指的是最高位之后最多能显示3个数字，因此其所能显示的数字（不含小数点）为0000-1999，例如，选择其DC200V挡，则最大能显示的电压为199.9V，若要测量200V以上的直流电压，只能选择DC 700V或1000V挡，此时其最高位只能显示0（通常不显示），则最大能显示的电压为999V。

数字万用表的精度通常用 $\pm(a \% \text{ RDG} + n \text{ 个字})$ 的方式表示，其中 RDG 为读数值（即显示值），n 是误差反映在末位数字上的变化量。

四、采用学科思维导图总结归纳本章的内容

从略。

第 13 章习题解答

一、填空题

- (1) 控制；
- (2) 偏差；
- (3) 定值；随动；程序；
- (4) 二位式；通；断；
- (5) 快；小；容易；
- (6) 脉冲宽度调制；
- (7) 4-20mA DC； 1-5V DC；

(8) PI ; PID; P;

二、选择题

(1) C; (2) C; (3) B、C; (4) D; (5) A

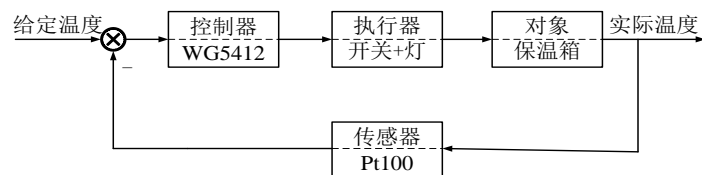
三、判断题

(1) √; (2) √; (3) √; (4) √; (5) √

四、简述题

(1) 答：检测元件和变送器的作用是把被控变量 $c(t)$ 转化为测量值 $y(t)$ 。比较机构的作用是比较设定值 $r(t)$ 与测量值 $y(t)$ 并输出其差值。控制装置的作用是根据偏差的正负、大小及变化情况，按某种预定的控制规律给出控制作用 $u(t)$ 。比较机构和控制装置通常组合在一起，称为控制器。执行器的作用是接受控制器送来的 $u(t)$ ，相应地去改变操纵变量 $q(t)$ 。被控对象指自动控制系统中，需要控制的设备或机器。

(2) 答：温度自动控制系统闭环结构图如下图。



(3) 答：衰减比、瞬态偏差、调整时间、上升时间、延迟时间和稳态偏差。

(4) 答：三位式调节可以用两个继电器在的触点组成“升温加热”、“恒温调节”及“停止加热”三种输出状态。具体实现方法为采用辅助加热器A和主加热器B两组加热器，当测量值低于下限设定值时，上、下限继电器均吸合，系统进入“升温加热”状态，此时A、B二组加热器同时加热，因此升温速度较快。当测量值到达下限设定值，当尚低于上限设定值时，下限继电器释放，断开辅助加热器A的能源供给，升温效率随之下降，系统进入“恒温加热”状态。当测量值到达上限设定时，下限继电器仍保持断开状态，上限继电器开始释放，断开主加热器B能源供给。此时由于主辅加热器均失去能源供给，故温度逐渐下降，直至降到上限设定回差的下限时，上限继电器又吸合，接通主加热器B的能源供给，温度又逐渐上升，周而复始，由此可见三位式调节比二位式调节升温的速度快，进入恒温调节状态后温度的波动小，精度高。

(5) 答：因为D调节只能反映偏差变化的速度而不能反映偏差的大小，如果偏差是固定不动的，即使偏差很大D调节器也没有输出信号，因此不能单独使用。理想的D调节器在输入阶跃信号时，需要输出一个无穷大的瞬态控制信号，在工程上是难以实现的。

(6) 答：PID调节器的参数有三个，即比例系数 K_p 、积分时间 T_I 和微分时间 T_D 。比例系数 K_p 设置的数值越小，系统越不会发生振荡，静差也越大；积分时间 T_I 设置的数值越大，积分的作用越不明显，消除静差所需的时间也越长，系统越不会发生振荡；微分时间 T_D 设置的数值越小，对比例带和积分的作用力越小，系统越不会发生振荡，但系统的响应速度也变得迟钝。积分的作用是使系统趋向稳定，而微分的作用是抑制超调，但会使系统趋向不稳定，微分与积分配合得当，就可获得尽快而稳定的调节过程。时间PID控制器的输出信号，控制灯泡在一个控制周期内的导通时间（占空比）与偏差（温度设定值-测量值）成正比，使得加热功率近似为连续调节的，与连续比例调节效果相同。

(7) 答：临界比例度法的具体方法是，将控制器设置为纯比例作用，且将比例度 δ （放在较大的位置）。然后逐步减小比例度 δ ，且每次改变一次比例度值，都施加阶跃干扰作用(用改变设定值的方法)，同时观察被控变量的变化曲线，直至被控变量出现等幅振荡的过渡过程，此时的比例度就叫做临界比例度 δ_K ，振荡周期就叫做临界振荡周期 T_K 。将 δ_K 和 T_K 记录下来。一般而言，比较合适的PID参数可根据 δ_K 和 T_K 按照经验进行选择，通常可实现接近4:1衰减比的过渡过程。

五、采用思维导图总结归纳本章的内容

从略。

第 14 章习题解答

从略